

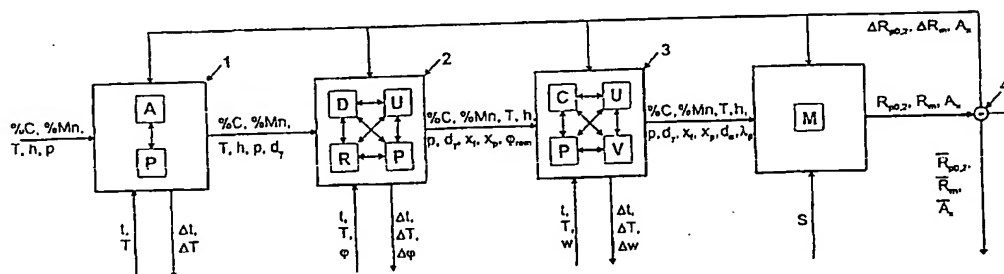


**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| INTERNATIONALE ZUSAMMENFASSUNG   |  | WO 98/18970   |   |
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :<br>C21D 8/00, 11/00, B21B 37/00 // G05B 17/00  |  | A1  | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer:<br>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. Mai 1998 (07.05.98) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT97/00232<br>(22) Internationales Anmeldedatum: 29. Oktober 1997 (29.10.97)<br>(30) Prioritätsdaten:<br>A 1896/96 30. Oktober 1996 (30.10.96) AT<br>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):<br>VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH [AT/AT]; Turmstrasse 44, A-4031 Linz (AT).<br>(72) Erfinder; und<br>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ANDORFER, Josef [AT/AT]; Berg 1, A-4141 Pfankirchen (AT). AUZINGER, Dietmar [AT/AT]; Mitterweg 3, A-4203 Altenberg (AT). PICHLER, Rudolf [AT/AT]; Lacken 113, A-4112 Rottenegg (AT).<br>(74) Anwalt: RIEBERER, Stefan; Serravagasse 10, A-1141 Wien (AT). |  | (81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, KR, MX, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).<br><br>Veröffentlicht<br>Mit internationalem Recherchenbericht.<br>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen. |   |

(54) Title: PROCESS FOR MONITORING AND CONTROLLING THE QUALITY OF ROLLED PRODUCTS FROM HOT-ROLLED PROCESSES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG DER QUALITÄT VON WALZPRODUKTEN AUS WARMWALZPROZESSEN



(57) Abstract

This invention concerns a process to monitor and control the quality of rolled products from hot-rolled processes which produce products such as sheets, rods, etc., from input stock such as slabs, billets, etc. The aim of the invention is to estimate in advance the expected material properties of the end product at each step of the hot-rolling production process. This is achieved in that production conditions such as temperatures (t), reduction in depth (φ), etc., are detected on-line throughout the entire rolling process and from the values obtained, by means of interrelated physical-metallurgical and/or statistical models (1, 2, 3, M) describing the whole rolling process, the mechanical/technical material properties to be expected, particularly the yield point ( $R_{p0.2}$ ), the tensile strength ( $R_m$ ) and the breaking elongation point ( $A_x$ ) of the rolled product, are calculated. On-line detection of the actual and momentary production conditions is necessary to allow the material properties to always be estimated in advance.

# (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung und Steuerung der Qualität von Walzprodukten aus Warmwalzprozessen, bei denen aus einem Vormaterial wie Brammen, Knüppel, usw. Walzprodukte wie Bleche, Stäbe, usw. erzeugt werden. Dem Verfahren liegt die Aufgabe zugrunde, die zu erwartenden Materialeigenschaften des Endproduktes bei jeder Erzeugungsstufe des Warmwalzprozesses vorzuberechnen. Dies wird dadurch erreicht, daß Produktionsbedingungen wie Temperaturen (t), Stichabnahmen ( $\phi$ ), usw. im gesamten Walzprozeß Online erfaßt werden, und daraus mittels untereinander verknüpfter und den gesamten Walzprozeß beschreibender physikalisch/metallurgischer und/oder statistischer Modelle (i, 2, 3, M) die zu erwartenden mechanisch/technologischen Materialeigenschaften, insbesondere die Streckgrenze ( $R_{p0.2}$ ), die Zugfestigkeit ( $R_m$ ) und die Bruchdehnung ( $A_x$ ) des Walzproduktes vorberechnet werden. Erst durch die Online-Erfassung der tatsächlichen und momentanen Produktionsbedingungen können immer die zu erwartenden Materialeigenschaften vorberechnet werden.

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                   |    |   |    |                                |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                           | LS | Lesotho   | SI | Slowenien                      |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                          | LT | Litauen   | SK | Slowakei                       |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                        | LU | Luxemburg                                       | SN | Senegal                        |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                             | LV | Lettland  | SZ | Swasiland                      |
| AZ | Aserbaidschan                | GB | Vereinigtes Königreich            | MC | Monaco  | TD | Tschad                         |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                          | MD | Republik Moldau                                 | TG | Togo                           |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                             | MG | Madagaskar                                      | TJ | Tadschikistan                  |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                            | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                   |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                      | ML | Mali  | TR | Türkei                         |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                            | MN | Mongolei  | TT | Trinidad und Tobago            |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                            | MR | Mauretanien                                     | UA | Ukraine                        |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                            | MW | Malawi  | UG | Uganda                         |
| BY | Belarus                      | IS | Island                            | MX | Mexiko  | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                           | NE | Niger   | UZ | Usbekistan                     |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                             | NL | Niederlande                                     | VN | Vietnam                        |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                             | NO | Norwegen  | YU | Jugoslawien                    |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                       | NZ | Neuseeland                                      | ZW | Zimbabwe                       |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen   |    |                                |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                    | PT | Portugal  |    |                                |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                        | RO | Rumänien  |    |                                |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                         | RU | Russische Föderation                            |    |                                |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                     | SD | Sudan   |    |                                |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                         | SE | Schweden  |    |                                |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                           | SG | Singapur  |    |                                |
| EE | Estland                      |    |                                   |    |   |    |                                |

Verfahren zur Überwachung und Steuerung der Qualität von  
Walzprodukten aus Warmwalzprozessen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung und Steuerung der Qualität von Walzprodukten aus Warmwalzprozessen, bei denen aus einem Vormaterial wie Brammen, Dünnbrammen, Vorblöcken, Knüppel usw. Walzprodukte wie Bleche, Bänder, Profile, Stäbe, Draht usw. erzeugt werden.
- 10 Das in der Kokille erstarrte Vormaterial hat ein ziemlich grobes Primärgefüge, die einzelnen Kristalle sind als Stengelkristalle, Dendriten, von den Wandungen nach innen gewachsen. Zur Erzielung ausreichender Zähigkeit muß das Gefüge verfeinert werden. Dies geschieht am wirkungsvollsten durch mechanisches Aufbrechen der Gefügestruktur beim Walzen. Die
- 15 Warmformgebung muß im wesentlichen oberhalb der oberen Umwandlungslinie im Eisen-Kohlenstoff-Schaubild vorgenommen werden, je nach Zusammensetzung des Stahls etwa im Bereich von 1100 bis 850° C, wobei der obere Temperaturbereich hauptsächlich der Verformung, der untere der Gefügeverfeinerung dient.
- 20 In dem Artikel „Rechnersimulation der Warmumformung und der Umwandlung am Beispiel der Warmbänderzeugung“ aus Stahl und Eisen 116 (1996) Nr. 4 vom 15. April 1996 werden die ineinandergreifenden Modelle der Formgebung und der Gefügeentwicklung unter Berücksichtigung der lokalen
- 25 Umformkennwerte vorgestellt. Einzelne Berechnungen mit verschiedenen Teilmodellen, z.B. zur Auflösungs- und Ausscheidungskinetik von Mikrolegierungselementen und zum Rekristallisationsablauf, unterstreichen die Leistungsfähigkeit des Systems, mit dem komplexe betriebliche Aufgaben gelöst werden können. So werden Ursachen für das Auftreten
- 30 einer inhomogenen Ferritstruktur in einem Röhrenstahl aus den

Simulationsdaten abgeleitet und Maßnahmen zur Verbesserung der Homogenität vorgeschlagen.

Die Berechnung des Einflusses der Kühlbedingungen auf das Umwandlungsverhalten eines Baustahles sowie des Einflusses der Abkühlbedingungen im fertiggewalzten Material auf die Veränderungen der Festigkeitseigenschaften über die Bandlänge lassen eine quantitative Bewertung der Einflußgrößen zu.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, ein Verfahren zu schaffen mit dem bei jeder Erzeugungsstufe des Warmwalzprozesses die zu erwartenden Materialeigenschaften des Endproduktes vorausberechnet werden können.

Obige Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst, welche dadurch gekennzeichnet, daß Erzeugungsbedingungen wie Temperaturen, Stichabnahmen, usw. im gesamten Walzprozeß Online erfaßt werden, und daß daraus mittels untereinander verknüpfter und den gesamten Walzprozeß beschreibender physikalisch/metallurgischer und/oder statistischer Modelle die zu erwartenden mechanisch/technologischen Materialeigenschaften, insbesondere die Streckgrenze, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung, des Walzproduktes vorausberechnet werden. Erst durch die Online-Erfassung der tatsächlichen und momentanen Erzeugungsbedingungen können immer die zu erwartenden Materialeigenschaften vorausberechnet werden.

Darüberhinaus ist es von Vorteil, daß bei Auftreten von Abweichungen der vorausberechneten von den geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften des Walzproduktes während des Walzprozesses die Abweichungen in der nachfolgenden Erzeugungsstufe korrigiert werden. Dadurch wird die Einhaltung der geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften sichergestellt.

30

- Weiters ist von Vorteil, daß mit den den gesamten Walzprozeß beschreibenden physikalisch/metallurgischen und/oder statistischen Modellen die chemische Sollanalyse des Vormaterials und die Produktionsbedingungen, welche die Zeit-Temperaturverläufe bzw. Zeit-Temperatur-Verformungsverläufe bei den einzelnen Erzeugungsstufen sind, optimiert und diese für neue verwandte Produktqualitäten festgelegt werden. Damit ist es möglich, geeignete Erzeugungsbedingungen für solche verwandte Produktqualitäten ohne lange Versuchsreihen festzulegen.
- 10 Eine Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß jedes Vormaterial identifiziert und die charakteristischen Eigenschaften, wie die chemische Analyse, die Dimension, der sich aus dem vorausgehenden Temperaturverlauf ergebende Ausscheidungszustand, wie z.B. Größe, Menge, Art, Verteilung von Ausscheidungen wie AlN, TiN, TiC, TiNbCN, VC, usw., Grad der
- 15 vorhandenen Seigerungen, usw. einem physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs- und Ausscheidungsmodell zugeführt werden, das aus dem Zeit-Temperaturverlauf zur Erwärmung des Vormaterials auf Walztemperatur die charakteristischen Materialeigenschaften wie Austenitkorngröße und Ausscheidungszustand, insbesondere Auflösung von Ausscheidungen, berechnet, und anschließend die nach der Erwärmung vorliegenden
- 20 Materialeigenschaften, insbesondere Temperatur, Dimension, Austenitkorngröße und Ausscheidungszustand, einem physikalisch/metallurgischen Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs- und Ausscheidungsmodell zugeführt werden, welches aus der Zeit-Temperatur-Formänderungssequenz beim Walzvorgang die charakteristischen Eigenschaften, insbesondere Austenitkorngröße, Temperaturverteilung, Ausscheidungszustand, Rekristallisationsgrad usw. berechnet, und daß diese Materialeigenschaften
- 25 an ein physikalisch/metallurgisches Abkühl-, Umwandlungs-, Ausscheidungs- und Alterungsmodell weitergeleitet werden, welches aus dem Abkühlverlauf für das Walzprodukt in einer dafür vorgesehenen Kühleinrichtung und bei der anschließenden freien ungezwungenen
- 30

verbleibenden Abkühlung und Alterung des Walzgutes im aufgewickelten, gestapelten, gebündelten usw. Zustand die charakteristischen Eigenschaften des Walzproduktes, insbesondere die Mikrostruktur beinhalten die Anteile der Gefügebestandteile wie Austenit, Ferrit, Perlit, Bainit, Martensit und deren Eigenschaften wie Ferritkorngröße, Perlittlamellenabstand usw. und den Ausscheidungszustand berechnet, und daß die das zur weiteren Verwendung fertige Walzprodukt beschreibenden Eigenschaften wie Dimension, chemische Analyse, Mikrostruktur- und Ausscheidungszustand usw. an ein physikalisch/metallurgisches Materialmodell weitergeleitet werden, welches die mechanisch/technologischen Materialeigenschaften des Walzproduktes unter Berücksichtigung eventueller Kaltumformungen, z.B. Streckbiegerichten, ermittelt. Dies ist eine mögliche detaillierte Abfolge von möglichen Schritten des grundsätzlichen erfindungsgemäßen Verfahrens.

Eine Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, daß beim Auftreten von Abweichungen in den charakteristischen Daten des Vormaterials, des Erwärmungsverlaufes, des Walzverlaufes und des Abkühlverlaufes, Online und mit den physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs-, Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs-, Ausscheidungs-, Abkühl- und Materialmodellen die zur Einhaltung der geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften notwendigen Änderungen des Zeit-Temperaturverlaufes für die Erwärmung, des Zeit-Temperatur-Verformungsverlaufes beim Walzen, des Zeit-Temperaturverlaufes beim Abkühlen berechnet und an die Steuerungssysteme der Erwärm-, Walz- und Abkühlanlage übermittelt werden. Dadurch wird die Einhaltung der geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften des Walzproduktes im Rahmen der verbleibenden Möglichkeiten sichergestellt.

Von Vorteil ist, daß mit den physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs-, Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs-, Ausscheidungs-, Abkühl-

und Materialmodellen die chemische Sollanalyse des Vormaterials und Produktionsbedingungen optimiert und diese für neue verwandte Produktqualitäten festgelegt werden.

- 5 Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens liegt darin, daß mit der Methode der linearen Regression die statistischen Modelle mit den Daten von Proben von Walzprodukten und den zugehörigen Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen erstellt und kontinuierlich mit weiteren Daten von Proben von Walzprodukten und den zugehörigen Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen verbessert und an diese angepaßt werden.

- 10 Nach einer Ausgestaltung wird mit den Daten von Walzprodukten und ihren Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen eine Anpassung und ein Abgleich der physikalisch/metallurgischen Modelle durchgeführt. Dadurch wird gewährleistet, daß die Modelle immer sehr nahe bei den tatsächlichen Zuständen sind.

- 20 Nach einer Weiterbildung sind die physikalisch/metallurgischen und die statistischen Modelle zur Vorausberechnung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes und die Online-Korrektur der Produktionsbedingungen auf einem Prozeßrechner realisiert.

- 25 Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß Anpassung, Abgleichung und Verbesserung der physikalisch/metallurgischen und der statistischen Modelle zur Vorausberechnung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes auf einem Prozeßrechner realisiert sind.

- 30 Weiters ist von Vorteil, daß die physikalisch/metallurgischen und die statistischen Modelle zur Optimierung und Festlegung geeigneter Produktionsbedingungen zur Erreichung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes auf einem Prozeßrechner realisiert sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der Fig., in der die einzelnen Modelle schematisch als Teilmodelle dargestellt sind, noch näher erläutert.

- 5 Mit dem Austenitisierungsmodell A und dem Ausscheidungsmodell P, welche zusammenhängend arbeiten, im Teilmodell 1 wird die Entwicklung der Gefügestruktur bei der Erwärmung des Vormaterials nachgebildet, wobei die Werte der chemischen Analyse z.B. %C, %Mn, die Temperatur T, die Dicke bzw. Dimensionen h und der Ausscheidungszustand p des Vormaterials
- 10 diesem Teilmodell 1 zugeführt werden. Die Erwärmungszeit t und die jeweilige momentane Temperatur T bei der Erwärmung gelangen ebenfalls an das Teilmodell 1. Die berechneten erforderlichen Zeit-  $\Delta t$  und Temperaturänderungen  $\Delta T$  für die geforderten Materialeigenschaften werden vom Teilmodell 1 an die Steuerung für die Erwärmungseinrichtung
- 15 abgegeben. Vom Teilmodell 1 werden an das Teilmodell 2, in dem die Verformung des Vormaterials auf das Walzprodukt nachgebildet wird, die Werte der chemischen Analyse %C, %Mn, usw., die berechnete Temperatur T des Vormaterials, berechnete Dicke h bzw. Dimension des Vormaterials, der berechnete Ausscheidungszustand p und die berechnete Austenitkorngröße
- 20  $d_\gamma$  übergeben. Das Teilmodell 2 beinhaltet das Umformmodell D, das Umwandlungsmodell U, das Rekristallisationsmodell R und das Ausscheidungsmodell P, welche untereinander in Verbindung stehen. Von den einzelnen Walzgerüsten erhält dieses Teilmodell 2 die Zeit t bzw. die Walzgeschwindigkeit, die bei diesen vorhandene Temperatur T und die Verformung  $\phi$  des Walzgutes. Die vier Modelle D, P, R, U berechnen daraus, die Walzguttemperatur T, die Walzgutdimensionen h, die Austenitkorngröße  $d_\gamma$ , den Ausscheidungszustand p, die Gefügebestandteile  $x_i$ ,  $x_p$ , usw. und die remanente Verformung  $\phi_{rem}$ , die zusammen mit den Werten der chemischen Analyse %C, %Mn, usw. an das Teilmodell 3 weitergegeben werden, das die
- 25 Abkühlphase des Walzproduktes nachbildet. Das Teilmodell 2 gibt noch die
- 30 Zeit-  $\Delta t$ , Temperatur-  $\Delta T$  und Verformungsänderungen  $\Delta \phi$  für die geforderten

ERSATZBLATT (REGEL 26)



Materialeigenschaften an die Steuerungen der Walzgerüste aus. Das Teilmodell 3 beinhaltet das Umwandlungsmodell U, das Ausscheidungsmodell P, das Abkühlmodell C und das Alterungsmodell V, welche ebenso alle untereinander verknüpft sind. Die Istwerte der Abkühlzeit  $t$ , die Kühlmittelmengen  $w$  und die entsprechenden zugehörigen Temperaturen  $T$  werden ebenfalls an das Teilmodell 3 übergeben und die berechneten erforderlichen Zeit-  $\Delta t$ , Kühlmittelmengen  $\Delta w$  und Temperaturänderungen  $\Delta T$  für die geforderten Materialeigenschaften werden von diesem Teilmodell 3 an die Steuerung der Abkühlvorrichtung ausgegeben. Im Teilmodell 3 werden die Walzguttemperatur  $T$ , die Walzgutdimensionen  $h$ , die Austenitkorngröße  $d_\gamma$ , der Ausscheidungszustand  $p$ , die Gefügebestandteile  $x_f$ ,  $x_p$ , die Ferritkorngröße  $d_\alpha$  und der Perlitlamellenabstand  $\lambda_p$  berechnet und zusammen mit den Werten der chemischen Analyse %C, %Mn, usw. dem Materialmodell M zugeführt, welches auch den Streckgrad  $S$  erhält. Das Materialmodell M berechnet aus den zugeführten Größen die Streckgrenze  $R_{p0,2}$ , die Zugfestigkeit  $R_m$  und die Bruchdehnung  $A_x$ . Diese werden mit den äquivalenten Größen  $R_{p0,2}$ ,  $R_m$ ,  $A_x$  für die geforderten Materialeigenschaften bei 4 verglichen und die Differenzen  $\Delta R_{p0,2}$ ,  $\Delta R_m$ ,  $\Delta A_x$  den Teilmodellen 1 bis 3 und dem Materialmodell M zugeführt.

20

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Überwachung und Steuerung der Qualität von Walzprodukten aus Warmwalzprozessen, bei denen aus einem Vormaterial wie Brammen, Dünnbrammen, Vorblöcken, Knüppel usw. Walzprodukte wie Bleche, Bänder, Profile, Stäbe, Draht usw. erzeugt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß Erzeugungsbedingungen wie Temperaturen, Stichabnahmen, usw. im gesamten Walzprozeß Online erfaßt werden, und daß daraus mittels untereinander verknüpfter und den gesamten Walzprozeß beschreibender physikalisch/metallurgischer und/oder statistischer Modelle die zu erwartenden mechanisch/technologischen Materialeigenschaften, insbesondere die Streckgrenze, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung, des Walzproduktes vorausberechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Auftreten von Abweichungen der vorausberechneten von den geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften des Walzproduktes während des Walzprozesses die Abweichungen in der nachfolgenden Erzeugungsstufe korrigiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit den den gesamten Walzprozeß beschreibenden physikalisch/metallurgischen und / oder statistischen Modellen die chemische Sollanalyse des Vormaterials und die Produktionsbedingungen, welche die Zeit-Temperaturverläufe bzw. Zeit-Temperatur-Verformungsverläufe bei den einzelnen Erzeugungsstufen sind, optimiert und diese für neue verwandte Produktqualitäten festgelegt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes Vormaterial identifiziert und die charakteristischen Eigenschaften, wie die chemische Analyse, die Dimension, der sich aus dem vorausgehenden

ERSATZBLATT (REGEL 26)

Temperaturverlauf ergebende Ausscheidungszustand, wie z.B. Größe, Menge, Art, Verteilung von Ausscheidungen wie AlN, TiN, TiC, TiNbCN, VC, usw., Grad der vorhandenen Seigerungen, usw. einem physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs- und Ausscheidungsmodell zugeführt werden, das aus dem Zeit-Temperaturverlauf zur Erwärmung des Vormaterials auf Walztemperatur die charakteristischen Materialeigenschaften wie Austenitkorngröße und Ausscheidungszustand, insbesondere Auflösung von Ausscheidungen, berechnet, und anschließend die nach der Erwärmung vorliegenden Materialeigenschaften, insbesondere Temperatur, Dimension, Austenitkorngröße und Ausscheidungszustand, einem physikalisch/metallurgischen Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs- und Ausscheidungsmodell zugeführt werden, welches aus der Zeit-Temperatur-Formänderungssequenz beim Walzvorgang die charakteristischen Eigenschaften, insbesondere Austenitkorngröße, Temperaturverteilung, Ausscheidungszustand, Rekristallisationsgrad usw. berechnet, und daß diese Materialeigenschaften an ein physikalisch/metallurgisches Abkühl-, Umwandlungs-, Ausscheidungs- und Alterungsmodell weitergeleitet werden, welches aus dem Abkühlverlauf für das Walzprodukt in einer dafür vorgesehenen Kühleinrichtung und bei der anschließenden freien ungezwungenen verbleibenden Abkühlung und Alterung des Walzgutes im aufgewickelten, gestapelten, gebündelten usw. Zustand die charakteristischen Eigenschaften des Walzproduktes, insbesondere die Mikrostruktur beinhaltend die Anteile der Gefügebestandteile wie Austenit, Ferrit, Perlit, Bainit, Martensit und deren Eigenschaften wie Ferritkorngröße, Perlitlamellenabstand usw. und den Ausscheidungszustand berechnet, und daß die das zur weiteren Verwendung fertige Walzprodukt beschreibenden Eigenschaften wie Dimension, chemische Analyse, Mikrostruktur- und Ausscheidungszustand usw. an ein physikalisch/metallurgisches Materialmodell weitergeleitet werden, welches die mechanisch/technologischen Materialeigenschaften des Walzproduktes unter

Berücksichtigung eventueller Kaltumformungen, z.B. Streckbiegerichten, ermittelt.

5. Verfahren nach Anspruch 2 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Auftreten von Abweichungen in den charakteristischen Daten des Vormaterials, des Erwärmungsverlaufes, des Walzverlaufes und des Abkühlverlaufes, Online und mit den physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs-, Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs-, Ausscheidungs-, Abkühl- und Materialmodellen die zur Einhaltung der geforderten mechanisch/technologischen Materialeigenschaften notwendigen Änderungen des Zeit-Temperaturverlaufes für die Erwärmung, des Zeit-Temperatur-Verformungsverlaufes beim Walzen, des Zeit-Temperaturverlaufes beim Abkühlen berechnet und an die Steuerungssysteme der Erwärm-, Walz- und Abkühlanlage übermittelt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit den physikalisch/metallurgischen Austenitisierungs-, Verformungs-, Rekristallisations-, Umwandlungs-, Ausscheidungs-, Abkühl- und Materialmodellen die chemische Sollanalyse des Vormaterials und Produktionsbedingungen optimiert und diese für neue verwandte Produktqualitäten festgelegt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit der Methode der linearen Regression die statistischen Modelle mit den Daten von Proben von Walzprodukten und den zugehörigen Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen erstellt und kontinuierlich mit weiteren Daten von Proben von Walzprodukten und den zugehörigen Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen verbessert und an diese angepaßt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit den Daten von Walzprodukten und ihren Vormaterialeigenschaften und Produktionsbedingungen eine Anpassung und ein Abgleich der physikalisch/metallurgischen Modelle durchgeführt wird.
- 5
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, 4 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die physikalisch/metallurgischen und die statistischen Modelle zur Vorausberechnung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes und die Online-Korrektur der Produktionsbedingungen auf einem Prozeßrechner realisiert sind.
- 10
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anpassung, Abgleichung und Verbesserung der physikalisch/metallurgischen und der statistischen Modelle zur Vorausberechnung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes auf einem Prozeßrechner realisiert sind.
- 15
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die physikalisch/metallurgischen und die statistischen Modelle zur Optimierung und Festlegung geeigneter Produktionsbedingungen zur Erreichung der mechanisch/technologischen Eigenschaften eines Walzproduktes auf einem Prozeßrechner realisiert sind.
- 20

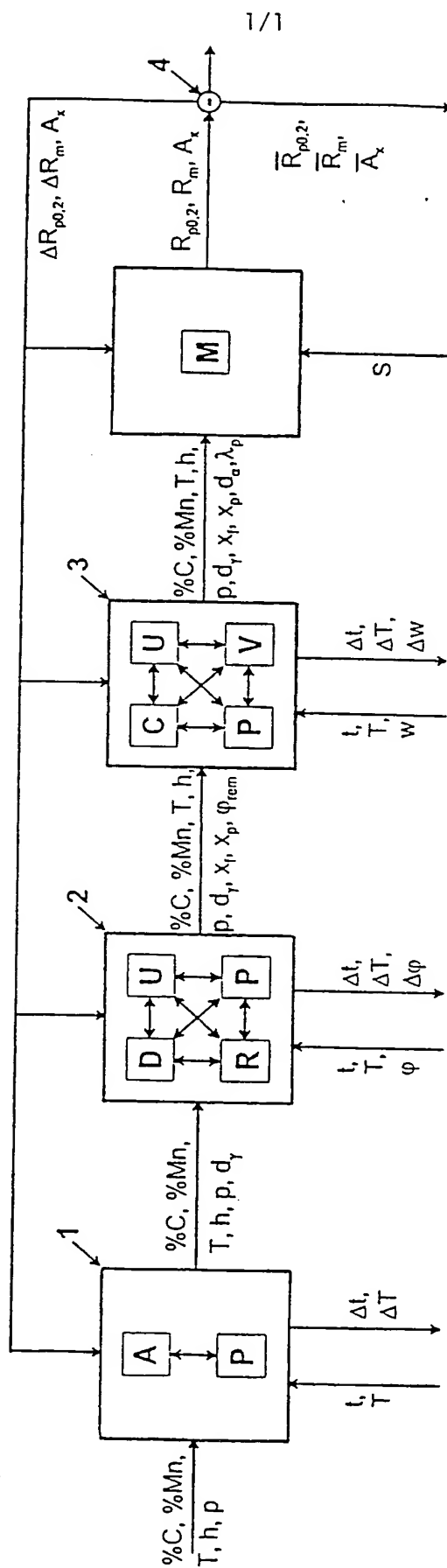


Fig.

ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 97/00232

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 C21D8/00 C21D11/00 B21B37/00 //G05B17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 C21D B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | DE 43 38 608 A (SIEMENS AG) 3 August 1995<br>see the whole document<br>---  | 1,7                   |
| X          | D. AUZINGER ET AL: "Advanced process<br>models for today's hot strip mills"<br>MPT INTERNATIONAL,<br>vol. 18, no. 6, December 1995, DÜSSELDORF,<br>DE,<br>pages 58-64, XP002059792<br>see the whole document<br>--- | 1                     |
| A          | N. ZENTARA ET AL: "Optimierung der<br>Stichpläne beim Direktwalzen von<br>Dünnbrammen aus Stahl"<br>STAHL UND EISEN.,<br>vol. 116, no. 4, 15 April 1996, DUSSELDORF<br>DE,<br>page 99105 XP002059793<br>---<br>-/-- |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 March 1998

Date of mailing of the international search report

06/04/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 97/00232

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| A        | <p>T. HELLER ET AL: "Rechnersimulation der Warmumformung und der Umwandlung am Beispiel der Warmbänderzeugung"<br/>           STAHL UND EISEN.,<br/>           vol. 116, no. 4, 15 April 1996, DUSSELDORF DE,<br/>           pages 115-122, XP002059794<br/>           cited in the application</p>  |                       |
| A        | <p>K.P. DÜFERT ET AL: "Berechnung der Gefügeentwicklung und der mechanischen Eigenschaften beim Warmwalzen"<br/>           STAHL UND EISEN.,<br/>           vol. 112, no. 10, 16 October 1992, DUSSELDORF DE,<br/>           pages 93-98, XP000323010</p>  |                       |
| X, P     | <p>D. AUZINGER ET AL : "VAI's new efficient solution for controlling the mechanical properties of hot rolled strip"<br/>           5 October 1997 , CONFERENCE RECORD OF THE 1997 IEEE INDUSTRIAL APPLICATIONS CONFERENCE , NEW ORLEANS, US XP002059795<br/>           see page 2131 - page 2136</p> | 1                     |



### Information on patent family members

PCT/AT 97/00232

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 97/00232

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 C21D8/00 C21D11/00 B21B37/00 //G05B17/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 C21D B21B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | DE 43 38 608 A (SIEMENS AG) 3. August 1995<br>siehe das ganze Dokument   | 1,7                |
| X          | D. AUZINGER ET AL: "Advanced process<br>models for today's hot strip mills"<br>MPT INTERNATIONAL,<br>Bd. 18, Nr. 6, Dezember 1995, DÜSSELDORF,<br>DE,<br>Seiten 58-64, XP002059792<br>siehe das ganze Dokument | 1                  |
| A          | N. ZENTARA ET AL: "Optimierung der<br>Stichpläne beim Direktwalzen von<br>Dünnbrammen aus Stahl"<br>STAHL UND EISEN.,<br>Bd. 116, Nr. 4, 15. April 1996, DUSSELDORF<br>DE,<br>Seite 99105 XP002059793          |                    |
| -/-        |  |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. März 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/04/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mollet, G

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|--|---|--------------------|
| Kategorie  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
| A  | T. HELLER ET AL: "Rechnersimulation der Warmumformung und der Umwandlung am Beispiel der Warmbanderzeugung"<br>STAHL UND EISEN.,<br>Bd. 116, Nr. 4, 15. April 1996, DUSSELDORF DE,<br>Seiten 115-122, XP002059794<br>in der Anmeldung erwähnt<br>---                              |                    |
| A  | K.P. DÜFERT ET AL: "Berechnung der Gefügeentwicklung und der mechanischen Eigenschaften beim Warmwalzen"<br>STAHL UND EISEN.,<br>Bd. 112, Nr. 10, 16. Oktober 1992, DUSSELDORF DE,<br>Seiten 93-98, XP000323010<br>---  |                    |
| X,P  | D. AUZINGER ET AL : "VAI's new efficient solution for controlling the mechanical properties of hot rolled strip"<br>5. Oktober 1997, CONFERENCE RECORD OF THE 1997 IEEE INDUSTRIAL APPLICATIONS CONFERENCE, NEW ORLEANS, US XP002059795<br>siehe Seite 2131 - Seite 2136<br>----- | 1                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 97/00232

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 4338608 A                                       | 03-08-95                      | JP 7191712 A                      | 28-07-95                      |
|  |                               | US 5673368 A                      | 30-09-97                      |